

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни

**«САНІТАРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЧИСНИХ СПОРУД»**

*(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)*

**Харків  
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова  
2017**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Санітарно-технологічний контроль очисних споруд» (для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Рациональне використання і охорона водних ресурсів») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. М. Беляєва, Г. І. Благодарна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 34 с.

Укладачі: В. М. Беляєва,  
Г. І. Благодарна

**Рецензент** канд. техн. наук, доц. К.Б. Сорокіна

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод,  
протокол № 1 від 30.08.2016 р.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
1 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	5
2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА. ВИДИ АНАЛІЗУ ВОДИ.....	7
2.1 Хімічний аналіз води.....	7
2.2 Технологічний аналіз води.....	11
2.3 Бактеріологічний аналіз води.....	12
3 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	13
<i>Лабораторна робота № 1</i> Оцінка флокулюючих властивостей ПАА.....	13
<i>Лабораторна робота № 2</i> Видалення з води заліза та марганцю фільтруванням через «чорний пісок».....	14
<i>Лабораторна робота № 3</i> Визначення вільної вугільної кислоти.....	18
<i>Лабораторна робота № 4</i> Магнітна обробка при пом'якшенні води.....	20
<i>Лабораторна робота № 5</i> Характеристика стабільності води в відношенні до бетону.....	24
<i>Лабораторна робота № 6</i> Порівняння ефективності осаджуваності Завислих речовин у відстійниках різної конструкції.....	27
<i>Лабораторна робота № 7</i> Визначення активного хлору в гіпохлориті натрію.....	29
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32
ДОДАТОК А. Послідовність оформлення лабораторного журналу.....	33

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Лабораторні роботи студенти виконують відповідно до навчального плану дисципліни.

Тривалість виконання однієї роботи – 2 години.

Для проведення лабораторних занять академічна група студентів підрозділяється на бригади, які займаються кожна своєю лабораторною роботою. Заняття проводять два викладача.

Перед початком лабораторних робіт викладач проводить інструктаж з техніки безпеки проведення лабораторних робіт і пожежної безпеки, з оформленням у відповідних журналах та з підписами студентів. Студентів, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, до виконання робіт не допускають.

Перед лабораторними заняттями студенти опрацьовують теоретичну і практичну частини майбутньої лабораторної роботи, оформляють лабораторний журнал, доповідають викладачеві порядок її проведення, після чого і одержують допуск до виконання роботи.

З усіма питаннями, що виникають у процесі виконання лабораторної роботи, студенти звертаються до викладача.

Результати лабораторних робіт заносять у лабораторний журнал (Додаток А).

Оформлену роботу студент захищає і здає викладачеві.

# 1 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

При роботі в лабораторії студенти особливу увагу повинні звертати на техніку безпеки і дотримуватися правил безпечної роботи: вміти користуватися з хімічним посудом, реактивами, розчинами і нагрівальними приладами.

Застосовуваний в лабораторії хімічний посуд у більшості випадків скляний, тонкостінний і тендітний, тому вимагає дбайливого користування, тому що при недбалому поводженні з ним можливі поранення (порізи рук склом). При роботі хімічний посуд слід тримати в руках обережно (не стискати сильно пальцями). При його митті треба стежити за тим, щоб не пробити стінки чи дно. У випадку невеликого порізу слід видалити скалки, змити кров навколо рани ватним тампоном, змоченим розчином марганцевокислого калію, змазати йодом і зав'язати бинтом чи заліпити лейкопластиром. При невеликих порізах рани можна покрити клеєм БФ– 6 (для обробки мікротравм). При глибоких артеріальних ранах після видалення скла руку слід міцно перев'язати джгутом вище порізу, видалити кров навколо рани, накласти кілька шарів стерильної марлі, потім товстий шар гігроскопічної вати і звернутися до лікаря.

Дуже велике значення має знання про сполуки, з якими студентам доводиться працювати в лабораторії. Багато з них можуть бути хімічними отрутами і при необережному поводженні слугувати причиною хімічних опіків і отруєнь. До таких речовин відносять насамперед рідкі кислоти й луги.

Усі реактиви й розчини, які використовують в лабораторії, повинні знаходитися в закритому посуді з чітким написом, який вказує назву і концентрацію реагенту. При потраплянні сильних кислот на шкіру слід негайно змити облите місце водою, а потім 5 %-ним розчином двовуглекислої соди. При опіку лугами також рекомендується обмити уражене місце водою, а потім – 2 %-ним розчином оцтової кислоти.

Якщо кислота пролилася на підлогу, її треба засипати піском, потім зібрати його і винести з приміщення, а облите місце промити розчином соди.

При роботі з реактивами варто завжди пам'ятати, що наповнення піпеток для виміру малих об'ємів кислот, лугів та інших речовин виконують тільки за допомогою гумової груші. **Засмоктування ротом категорично забороняється!** Усю роботу зі шкідливими й отруйними речовинами необхідно проводити у витяжних шафах.

Нагрівальні прилади слід встановлювати на теплоізоляційні підставки. При необережній роботі можливі теплові опіки від самого приладу або нагрітого хімічного посуду. Не рекомендується брати гарячий посуд руками. Нагріті предмети

беруть щипцями, колботримачами, джгутом з рушника.

Необхідно уважно стежити за роботою нагрівальних приладів і не залишати їх без догляду.

У випадку опіків першого ступеня (червоність) на обпалене місце необхідно накласти вату, змочену розчином марганцевокислого калію, концентрація якого мусить бути тим більше, чим сильніше опік. Можна використовувати й мазі від опіків. При опіках другого ступеня (міхури) обпалене місце обробляють розчином марганцевокислого калію чи 5 %-ним розчином таніну. При опіках третього ступеня (руйнування тканин) рану покривають стерильною пов'язкою і викликають лікаря.

У приміщенні лабораторії, де працюють студенти, завжди повинні бути наготові протипожежні засоби: вогнегасники, азбест, пісок. Не допускається гасити водою олію, гас, бензин, сірковуглець та ін.

Кожен студент перед початком роботи в лабораторії зобов'язаний ознайомитися з положеннями «Інструкції з техніки безпеки для працюючих у хімічних лабораторіях».

## 2 ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА. ВИДИ АНАЛІЗУ ВОДИ

Таблиця 2.1 – Класифікація методів аналізу вод

Класи методів аналізу	Підкласи методів аналізу	Методи аналізу
Хімічний		Об'ємний (титриметричний)
Фізико – хімічні	Оптичні, спектрометричні	Молекулярний абсорбційний аналіз
		Фотометрія полум'я
		Атомно-абсорбційна спектрометрія
		Атомно-емісійна спектрометрія
		Нейтронноактиваційний аналіз
	Електрохімічні	Потенціометрія
		Кондуктометрія
		Полярографія, інверсійна вольт- амперометрія
	Хроматографічні	Газова хроматографія
		Іонообмінна хроматографія
		Хромато- мас- спектрометрія
Фізичні	Гравіметрія	Ваговий
	Радіометрія	Вимірювання $\alpha$ - , $\beta$ - , $\gamma$ - випромінювання
	Мас-спектрометрія	Хромато- мас- спектрометрія; ICP– MS
Мікробіологічні		

### 2.1 Хімічний аналіз води

Хімічний аналіз поділяють на якісний і кількісний.

Завдання якісного аналізу води – встановлення якісного складу її домішок. Кількісний аналіз дозволяє оцінити кількісний вміст домішок у воді.

*Якісний аналіз* дає відповідь типу «так», «ні». Його здійснюють доданням до досліджуваної проби води реактиву (реагенту), що вступає з визначеними сполуками у реакцію, яка супроводжується характерною зміною системи (поява чи зміна фарбування, помутніння).

У ряді випадків проведення якісного аналізу буває достатнім, щоб установити

придатність води для тієї чи іншої мети. Наприклад, у воді, яку використовують для виробництва кіноплівки, повинне бути відсутнє залізо. Якщо аналіз показує наявність у воді заліза, то це є однозначною відповіддю про непридатність такої води для вказаної мети.

Якісний аналіз надає також велику допомогу у виборі правильного методу кількісного аналізу. Більшість кількісних методів визначення призводять до помилкових результатів у присутності інших «елементів, що заважають». Якісний аналіз, виявляючи «елементи, що заважають», допомагає відповідним чином змінити основний хід роботи так, щоб перебороти цей заважаючий вплив.

Найбільш розповсюдженими методами кількісного аналізу є гравіметричний, об'ємний і фізико–хімічний.

*Гравіметричний аналіз* здійснюють шляхом додавання в пробу води надлишку реактиву, що утворює з умовною речовиною малорозчинну сполуку, яка випадає в осад. Осад відфільтровують, висушують, визначають його масу.

Характерна риса гравіметричного аналізу – додавання до проби води надлишку реактиву для забезпечення повноти його реакції з обумовленим компонентом. Реактив повинен реагувати тільки з обумовленим компонентом.

Гравіметричний аналіз досить громіздкий і вимагає значних витрат часу для одержання результату.

Принцип *об'ємного аналізу* полягає в тому, що умовна речовина вступає в хімічну взаємодію з реактивом, яку додають у пробу у вигляді розчину точно відомої концентрації (титрований розчин) і в кількості, строго еквівалентній кількості умовної речовини. Процес доливання реактиву до води називають *титруванням*. Наприкінці реакції між титрованим розчином реактиву і умовною речовиною судять за зміною фарбування індикатора, який вводять у пробу води як допоміжний реактив.

Для обчислення результату аналізу треба знати точні об'єми розчинів речовин, які беруть участь у реакції (титрованого розчину і проб води).

Формула для розрахунку має наступний вигляд:

$$X = \frac{1000 \cdot V_1 \cdot N \cdot E}{V}, \quad (2.1)$$

де  $X$  – кількість умовної речовини, мг/дм<sup>3</sup>;

$V_1$  – об'єм титрованого розчину, який витрачено на титрування проби досліджуваної води, см<sup>3</sup>;

$N$  – нормальність титрованого розчину;

$E$  – міліграм-еквівалент умовної речовини;

$V$  – об'єм досліджуваної води, яку взяли для титрування, см<sup>3</sup>.



У тих випадках, коли умовна речовина міститься у воді в малих кількостях, найбільш придатними є методи *фізико-хімічного аналізу*. Найбільше поширення мають методи колориметрії та нефелометрії.

У методах колориметрії концентрацію умовної речовини, якщо вона забарвлена, можна встановити безпосереднім порівнянням інтенсивності забарвлення зі стандартом (тобто розчином з відомою концентрацією умовної речовини). В інших випадках у досліджувану воду додають реактив, який, вступаючи в реакцію з умовною речовиною, утворює забарвлену сполуку. Порівнюючи забарвлення досліджуваної води зі стандартом (у який доданий той же реактив,) встановлюють концентрацію умовної речовини, абсолютне значення якої знаходять за допомогою градуального графіка.

При порівнянні інтенсивності забарвлення використовують такі методи: метод колірної шкали, метод порівняння фарбувань, фотоколориметричний.

У *методі колірної шкали* забарвлення досліджуваної проби води порівнюють із забарвленням серії стандартних розчинів, виготовлених тим самим способом. Аналіз проводять у скляних посудинах, які заповнені досліджуваною водою і стандартними розчинами. Концентрація умовної речовини у воді буде дорівнювати концентрації стандартного розчину, з кольором якого збігається колір проби води.

У *методі порівняння фарбувань* порівнюють інтенсивності забарвлення проби води і стандартного розчину, що можуть значно розрізнятися. Порівняння виконують у спеціальних колориметричних циліндрах (циліндри Генера) із краниками, розташованими в нижній частині циліндра. Висоту стовпчика рідини в кожному циліндрі шляхом відливання регулюють таким чином, щоб інтенсивності забарвлення в обох циліндрах при розгляданні рідин зверху зрівнялися.

При досягненні однакової інтенсивності забарвлення мають місце співвідношення

$$C_{cm} \cdot h_{cm} = C_b \cdot h_b, \quad (2.2)$$

де  $C_{cm}$  і  $C_b$  – концентрації відповідно стандартного розчину і досліджуваної води;  
 $h_{cm}$  і  $h_b$  – висота стовпчика відповідно стандартного розчину і води.

Звідси

$$C_b = \frac{C_{cm} \cdot h_{cm}}{h_b}$$

*Фотоколориметричний* метод визначення концентрації речовини заснований на вимірі інтенсивності світлового потоку (коефіцієнта пропускання), що пройшло через забарвлений розчин.

Для виміру коефіцієнта світлопропускання використовують фотоколориметри різних моделей (ФЕК, КФК–2, КФО та ін.).

Проведення фотоколориметричних вимірів на колориметрі

фотоелектричному однопроменевому (КФО) полягає у вимірі відношення двох світлових потоків – повного і того, що пройшов через вимірюване середовище.

На фотоприймач по черзі направляють світлові потоки: повний  $\Phi_0$  і пропущений через досліджувану пробу води  $\Phi$ .

Коефіцієнт світлопропускання  $\tau$  досліджуваної води, що являє собою відношення цих потоків, визначають у вигляді відношення відповідних фотострумів безпосередньо за шкалою мікроамперметра (рисунок 2.1), тобто:

$$\tau = \frac{I}{I_0} \cdot 100 \%, \quad (2.3)$$

де  $I$  – фотострум, що відповідає світловому потоку  $\Phi$ , який пройшов через досліджувану воду;

$I_0$  – фотострум, що відповідає повному світловому потоку  $\Phi_0$ .

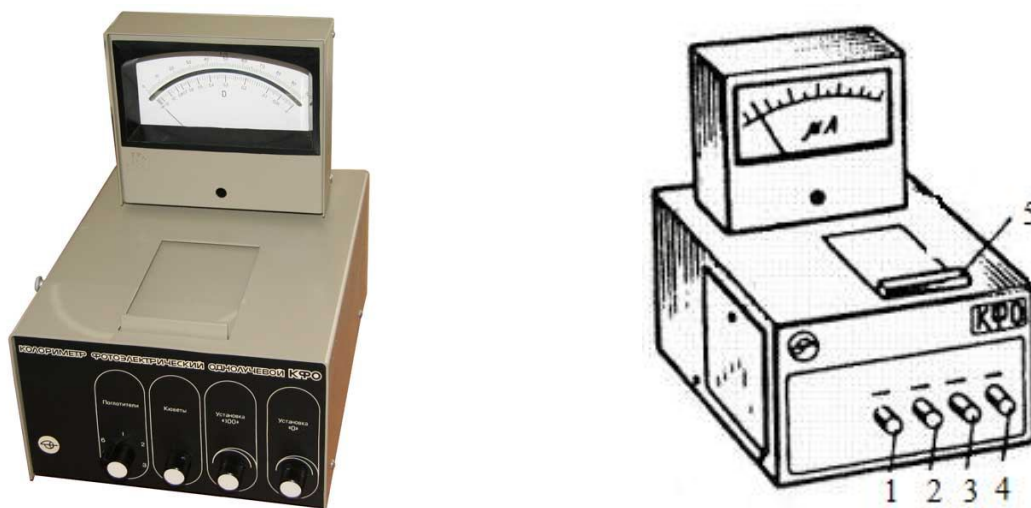


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд приладу КФО:

1 – ручка зміни світлофільтрів («Поглиначі»); 2 – ручка переміщення кювет («Кювети»);  
3 – ручка встановлення 100 %-го світлопропускання («Установка 100»); 4 – ручка встановлення нуля («Установка 0»); 5 – кришка кюветного відділення

Проведенню вимірів передуює підбір поглиначів (світлофільтрів) і вимірювальних кювет. Наявність комплекту поглиначів і кювет дозволяє підібрати такі умови для вимірів, коли похибка у визначенні концентрації буде найменшою.

**Вимір коефіцієнта пропускання** (рисунок 2.1). Рукояткою «Поглиначі» 1 вводять попередньо підібраний поглинач, потім рукояткою «Встановлення нуля» 4 на шкалі мікроамперметра встановлюють нуль при відкритій кришці кюветного відділення 5. У кюветне відділення встановлюють підібрану кювету з дистильованою водою, в яку додані всі необхідні для аналізу реактиви. Кришку кюветного відділення закривають і за допомогою рукоятки «Установка 100» 3 виставляють відлік 100 на шкалі приладу.

Потім у кюветне відділення встановлюють кювету з досліджуваною водою, в

яку додані всі необхідні реактиви. Переключення кювет у світловому пучку виконують поворотом рукоятки «Кювети» 2 до упора. Кришку 5 закривають і фіксують значення  $\mu$  за шкалою. Значення  $\mu$  відповідає коефіцієнту світлопропускання  $\tau$  вимірюваного зразка води, вираженому в %.

Попередньо будують градувальну криву. Для цього готують ряд розчинів умовної речовини з відомими концентраціями. Потім вимірюють коефіцієнти світлопропускання  $\tau$  і за ними з використанням даних таблиці 2.2, визначають оптичну щільність  $D$  усіх розчинів. Відкладаючи по горизонтальній осі відомі концентрації розчинів, а по вертикальній – відповідні їм значення оптичної щільності, будують градувальну криву.

Градувальну криву потім використовують для визначення невідомої концентрації речовини в досліджуваній воді. Для цього досліджувану воду з доданими реактивами наливають у ту ж кювету, для якої побудована градувальна крива, використовують той же поглинач (світлофільтр), вимірюють коефіцієнт світлопропускання і визначають оптичну щільність за таблицею 2.2. Потім за градувальною кривою знаходять концентрацію шуканої речовини, що відповідає отриманому значенню оптичної щільності.

Таблиця 2.2 – Переведення значень коефіцієнту світлопропускання  $\tau$  в значення оптичної щільності  $D$

$D$	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	100	97,7	95,5	93,3	91,2	89,1	87,1	85,1	83,2	81,3
0,1	79,4	77,6	75,9	74,1	72,4	70,8	69,2	67,6	66,1	64,6
0,2	63,1	61,7	60,3	58,9	57,5	56,2	54,9	53,7	52,5	51,3
0,3	50,1	49,0	47,9	46,8	45,7	44,7	43,7	42,7	41,7	40,7
0,4	39,8	38,9	38,0	37,1	36,3	35,5	34,7	33,9	33,1	32,4
0,5	31,6	30,9	30,2	29,5	28,8	28,2	27,5	26,9	26,3	25,7
0,6	25,1	24,5	24,0	23,4	22,9	22,4	21,9	21,4	20,9	20,4
0,7	19,9	19,5	19,1	18,6	18,2	17,8	17,4	17,0	16,6	16,2
0,8	15,8	15,5	15,1	14,8	14,5	14,1	13,8	13,5	13,2	12,9
0,9	12,6	12,3	12,0	11,7	11,5	11,2	11,0	10,7	10,5	10,2
1,0	10,0	9,8	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7	8,5	8,3	8,1

*Примітка.* У першому стовпчику таблиці подані значення оптичної щільності  $D$  через 0,1, а у верхньому рядку вміщені її соті частки. На перетині рядка із стовпцем наведені відповідні значення коефіцієнта пропускання  $\tau$  в %.

## 2.2 Технологічний аналіз води

У сучасних умовах одержання води заданої якості здійснюють за складною хімічною технологією, яка використовує безліч різних реагентів, матеріалів, фізичних агентів і різноманітних споруд. У результаті цих впливів властивості води зазнають значних змін, які треба враховувати, щоб забезпечити необхідний ефект

очищення. Ці так звані технологічні властивості води визначають *методами технологічного аналізу*.

За допомогою технологічного аналізу з декількох можливих методів коригування того чи іншого показника якості води вибирають найбільш ефективний і економічний, установлюють необхідну дозу реагенту, визначають кінетику осадження суспензій, швидкості протікання води в різних спорудах, динаміку росту втрат напору у фільтрувальних спорудженнях та ін.

Незнання технологічних властивостей води може призвести до серйозних помилок при проектуванні водопідготовчих станцій.

Крім ознайомлення з фізичними і хімічними показниками якості води та засвоєнням методів їхнього визначення, студенти повинні вміти визначати склад домішок води та їхню концентрацію. Однак цих даних недостатньо, щоб кваліфіковано запроектувати технологічну схему обробки води з метою поліпшення її якості, підібрати й розрахувати споруди, в яких ця технологія буде здійснюватися. Дані про фізичні й хімічні показники якості води повинні бути доповнені технологічними показниками, які встановлюють за допомогою технологічного аналізу.

Технологічний аналіз проводять:

- для визначення властивостей води при вишукуванні джерела водопостачання і проектування споруд для коригування якості води;
- з метою контролю показників якості води в процесі її обробки.

Технологічний аналіз проводять при температурі, при якій передбачається вести процес обробки води у виробничих умовах.

## **2.3 Бактеріологічний аналіз води**

На водопідготовчих станціях в лабораторних умовах обов'язково проводять різноманітні бактеріологічні аналізи води. Як правило, визначають в них наявність збудників хвороб, колі-індекс, колі-титр. Вміст і результати аналізів відображають у журналах.

Людина, яка здійснює подібний аналіз повинна мати фахову освіту, володіти хімічними й бактеріологічними знаннями в межах роботи, що виконується; знати порядок відбору зразків і правила їх підготовки до випробувань; основні властивості матеріалів, що аналізуються; лабораторне обладнання; методи обробки отриманих даних.

## 3 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

### *Лабораторна робота № 1* **ОЦІНКА ФЛОКУЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІАКРИЛАМІДУ**

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою оцінки флокулюючих властивостей ПАА.

#### **3.1.1 Апаратура і посуд**

1. Ваги технічні;
2. Плитка електрична;
3. Пелюсткова мішалка;
4. Секундомір;
5. Циліндри мірні ємністю 100 мл і 250 мл (по 2 шт.);
6. Стакани ємністю 250 мл і 1 л (по 2 шт.);
7. Піпетка на 5 мл (2 шт.).

#### **3.1.2 Реактиви**

1. Охра золотиста, порошок;
2. Гідрокарбонат натрію  $\text{NaHCO}_3$ , 1 н. розчин;
3. Сульфат алюмінію  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , 1 н. розчин;
4. ПАА, 0,25 %-ний розчин;
5. Вода дистильована.

#### **3.1.3 Експериментальна установка**

Експериментальна установка (рисунок 2.1.1) складається з мірного циліндра ємністю 250 мл (внутрішній діаметр 36 мм) і дискової мішалки (діаметр диска 200 мм, товщина 1 мм; діаметр отворів 2 мм, кількість отворів 20–25; діаметр стержня 3 мм, довжина 380–400 мм). На циліндрі закріплюють два гумових кільця: одне на 20 мм нижче за відмітку 250 мл, інше на 100 мм нижче першого.

#### **3.1.4 Хід роботи**

В хімічний стакан ємністю 250 мл кладуть 10 г порошку золотистої охри, додають 150 мл дистильованої води, перемішують,

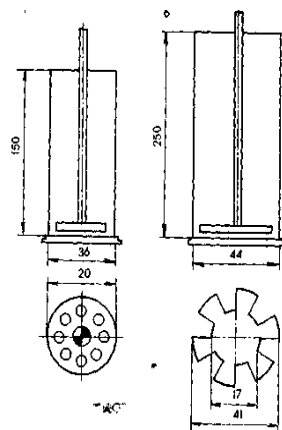


Рисунок 3.1.1 – Апарати для оцінки флокулюючих властивостей за швидкістю осідання концентрованих суспензій:

а – дискова мішалка;  
б – пелюсткова мішалка.

кип'ятять 10 хвилин і, охолодивши розчин до кімнатної температури, виливають у циліндр. Ретельно перемішують отриманий розчин, піднімаючи і опускаючи мішалку, доводять об'єм до 250 мл дистильованою водою, додають 4 мл 0,25 %-ного розчину ПАА і знову перемішують 3 рази. За секундоміром відлічують час, який необхідний для пересування осаду з водою від верхньої позначки на циліндрі до нижньої, потім знову перемішують (5 разів) осад з водою і повторюють вимірювання.

За величину, що характеризує флокулюючі властивості ПАА, приймають середню швидкість осідання суспензії в мм/с.

Замість порошку охри золотистої можна використовувати гідроксид алюмінію. Його готують додаванням 62 мл 1 н. розчину  $\text{NaHCO}_3$  і 30 мл 1 н. розчину  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  до 910 мл дистильованої води. Спостереження за осадженням суспензії проводять в циліндрі ємністю 500 мл з внутрішнім діаметром 44 мм. До 500 мл суспензії гідроксиду алюмінію додають 2 мл 0,25 %-ного розчину ПАА. Вміст перемішують пелюстковою мішалкою (рисунок 1.1, б), яку піднімають і опускають 25 разів протягом 40–50 секунд. Мішалка (діаметр 41 мм) має шість пелюсток і шість заглиблень, висота між ними 12 мм.

Середню швидкість осідання суспензії (в мм/с) визначають за методикою, описаною вище.

Після закінчення дослідів роблять висновок про флокулюючі здатності ПАА, порівнюючи її зі швидкістю випадання суспензії, затриманої в відстійнику [1].

### ***Контрольні питання***

1. Привести класифікацію завислих речовин, присутніх в природних водах.
2. Назвати реагенти – коагулянти та флокулянти, які використовують для поліпшення якості природних вод різного водокористування.
2. Будова колоїдної міцели.
3. Суть процесу коагуляції. Намалювати схему коагуляції.
4. Приклад процесу взаємної коагуляції та флокуляції при водопідготовці.
5. Призначення методу флокуляції при поліпшенні складу природних вод.

### ***Лабораторна робота № 2***

## **ВИДАЛЕННЯ ЗАЛІЗА ТА МАРГАНЦЮ ФІЛЬТРУВАННЯМ ЧЕРЕЗ «ЧОРНИЙ ПІСОК»**

**Мета роботи:** дослідити здатність «чорного піску» видаляти залізо і марганець.

### **3.2.1 Посуд і матеріали**

1. Скляна посудина ємністю 10 л (3 шт.);
2. Пісок кварцовий (крупність зерен 0,8–1,2 мм);
3. Фотоелектроколориметр;
4. Плитка електрична;
5. Колба мірна ємністю 50 мл (8 шт.);
6. Колба конічна ємністю 100 мл (2 шт.);
7. Піпетки на 1 мл (4 шт.) і на 5 мл (2 шт.);
8. Крапельниця (2 шт.);
9. Чашка фарфорова на 100 мл (2 шт.);
10. Лійка (2 шт.).

### **3.2.2 Реактиви**

1. Соляна кислота, 1 %-ний розчин;
2. Азотна кислота, концентрована;
3. Аміак водний, 25 %-ний розчин, щільністю 0,91 г/см<sup>3</sup>;
4. Хлорид марганцю (II), 15 %-ний розчин;
5. Перманганат калію, 0,1, 0,5 і 1 %-ні розчини;
6. Роданід калію або амонію, 50 %-ний розчин;
7. Персульфат амонію або калію в кристалах;
8. Соляна кислота (1:1), вільна від заліза;

9. Комбінований реактив: 75 г сульфату ртуті  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  розчиняють в 400 мл концентрованої азотної кислоти і 200 мл дистильованої води. Додають 200 мл 85 %-ної фосфорної кислоти  $\text{H}_3\text{PO}_4$  і 0,035 г нітрату срібла  $\text{AgNO}_3$ . Розчин охолоджують і доводять дистильованою водою до 1 л.

### **3.2.3 Загальні відомості**

Знезалізнення підземних вод аерацією з подальшим відстоюванням і фільтруванням через кварцовий пісок не завжди ефективно. Особливо це відноситься до вод з великим вмістом заліза, низькою величиною рН і високою окисленістю. Для знезалізнення таких вод в ряді випадків застосовують каталізатори, зокрема оксиди марганцю.

Звичайний кварцовий пісок при певних умовах обробляють розчинами, які містять марганець, і отримують так званий «чорний пісок», поверхня зерен якого покривається плівкою оксиду марганцю.

Окислення марганцю (II) в марганець (III) або марганець (IV) може бути різко прискорене фільтруванням води через природний матеріал піролюзит ( $\text{MnO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) або через кварцовий пісок, попередньо оброблений перманганатом калію («чорний

пісок»). При цьому на зернах кварцового піску утворюється плівка, яка містить оксид марганцю (IV) і кисень.

Окислення марганцю (II) у такий спосіб йде активно при рН 8,5 й вище. При рН менше 8,5 воду підلужують вапном або содою, хлорують або озонують.

### 3.2.4 Експериментальна установка

Установка для фільтрування води (рисунок 3.2.1) являє собою скляну трубку висота якої 2,5 м, а внутрішній діаметр 57 мм. Трубку завантажують спочатку шаром гравію на висоту 20 см, потім шаром «чорного піску» на висоту 100 см. Висота шару води над поверхнею піску повинна бути 100–110 см.

Для подачі досліджуваної води установлюють бак з переливом. Втрату напору вимірюють п'єзометром. Воду з бака подають в трубку з висоти 28 см. Завантаження фільтра промивають висхідним струмом вихідної води.

Для порівняння ефекту видалення заліза або марганцю з води шляхом фільтрування через «чорний пісок» вихідну воду фільтрують на аналогічній установці через кварцовий пісок.

### 3.2.5 Хід роботи

#### Видалення заліза

Перші порції фільтрату скидають, а в наступних визначають вміст заліза, величину рН, окислюваність, лужність та інші показники якості води.

Досліджують також залежність знезалізнення води від швидкості фільтрування. Швидкість води через фільтрувальні колонки змінюють в межах від 4 до 12 м/год.

Результати досліджень заносять в таблицю 3.2.1.

На підставі отриманих даних будують графік залежності ефекту знезалізнення води від швидкості фільтрування.

#### Визначення заліза в досліджуваній воді

У мірну колбу наливають до мітки досліджувану воду і додають 1 мл соляної кислоти (1:1), кілька кристалів персульфата амонію. Перемішують розчин, а потім вводять 1 мл 50 %-ного розчину роданіду амонію. Після перемішування відразу ж вимірюють оптичну щільність (застосовують синьо-зелений світлофільтр ( $\lambda = 500$  нм) і кювети з товщиною робочого шару 2–5 см). Вміст заліза визначають за

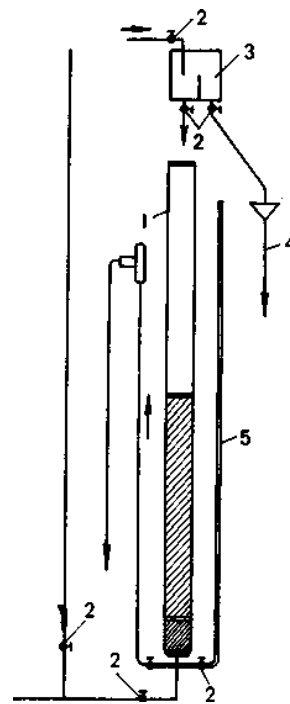


Рисунок 3.2.2 – Схема лабораторної установки для фільтрування води через «чорний пісок»:  
1 – скляна трубка;  
2 – затискачі (вентилі);  
3 – бак вихідної води;  
4 – воронка; 5 – п'єзометр.



отриманою оптичною щільністю за графіком.

Вміст заліза  $X_{\text{Fe}}$ , мг/дм<sup>3</sup>, обчислюють за формулою:

$$X_{\text{Fe}} = \frac{C \cdot 50}{V}, \quad (3.2.1)$$

де  $C$  – концентрація заліза, знайдена по калібровочному графіком;

$V$  – об'єм проби, взятої для визначення, мл.

Таблиця 3.2.1 – Дослідні данні видалення заліза

Вихідні дані			Час фільтрування, год	Швидкість фільтрування, м/год	Об'єм відфільтрованої води, дм <sup>3</sup>	Дані після фільтрування			Примітка
Сумарний вміст Fe, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст Fe (III), мг/дм <sup>3</sup>	Вміст Fe (II), мг/дм <sup>3</sup>				Сумарний вміст Fe, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст Fe (III), мг/дм <sup>3</sup>	Вміст Fe (II), мг/дм <sup>3</sup>	

#### *Видалення марганцю*

Готують вихідну воду з вмістом 10 мг/дм<sup>3</sup>  $\text{Mn}^{2+}$  і вимірюють рН. Потім воду фільтрують зі швидкістю 7–8 м/год і через кожні 15–20 хвилин перевіряють на вміст в ній марганцю. Одночасно вимірюють рН фільтрату.

Результати дослідження заносять в таблицю 3.2.2.

На підставі отриманих даних будують графік залежності ефекту видалення марганцю з води від швидкості фільтрування.

#### *Визначення марганцю в досліджуваній воді*

У конічну колбу відмірюють 70–80 мл досліджуваної води, потім у воду додають 5 мл комбінованого реактиву, 3,5 мл розчину персульфата амонію. Пробу води доводять до кипіння і кип'ятять 1–2 хвилини. Після охолодження об'єм рідини доводять дістильованою водою до 100 мл. Визначають величину оптичної щільності і за калібрувальним графіком знаходять вміст марганцю.

Вміст марганцю (II), мг/дм<sup>3</sup>, розраховують за формулою:

$$X_{\text{Mn}} = \frac{C \cdot 100}{V}, \quad (3.2.2)$$

де  $C$  – концентрація марганцю, знайдена по калібровочній кривій, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм досліджуваної води, який взяли для аналізу, мл;

100 – об'єм, до якого розведена проба, мл.

Таблиця 3.2.2 – Дослідні данні видалення марганцю

Вихідні дані			Час фільтрування, год	Швидкість фільтрування, м / год	Об'єм відфільтрованої води, дм <sup>3</sup>	Дані після фільтрування			Примітка
Сумарний вміст Mn, мг/л	Вміст Mn (III), мг/л	Вміст Mn (II), мг/л				Сумарний вміст Mn, мг/л	Вміст Mn (III), мг/л	Вміст Mn (II), мг/л	

### Контрольні питання

1. Назвіть форми, у яких залізо присутнє у поверхневих водах.
2. Назвіть форми, у яких залізо присутнє у підземних водах.
3. Негативні явища підвищеного вмісту заліза у воді.
4. Хімічні методи видалення заліза та марганцю з води.
5. Безреагентні методи видалення заліза та марганцю.
6. Суть якісного методу визначення вмісту заліза та марганцю.
7. Методи кількісного визначення вмісту заліза та марганцю.
8. Суть фотоелектроколориметричного методу визначення вмісту заліза та марганцю.

## Лабораторна робота № 3 ВИЗНАЧЕННЯ ВІЛЬНОЇ ВУГІЛЬНОЇ КИСЛОТИ

**Мета роботи:** ознайомитися з методикою визначення вільної вугільної кислоти методом титрування.

### 3.3.1 Апаратура і посуд

1. Ваги аналітичні;
2. Колба ємністю 250 мл з пробкою (2 шт.);
3. Піпетка на 100 мл з сифоном та піпетка на 20 мл;
4. Бюретка на 50 мл;
5. Крапельниця;
6. Колба мірна ємністю 200 мл.

### 3.3.2 Реактиви

1. NaOH або Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0,2 н. розчин;

2. Фенолфталеїн, 1 %-ний розчин;

3. Розчин мінерального стандарту: 2 г  $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  і 2,01 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  розчиняють в мірній колбі, додають 2 мл концентрованої  $\text{HCl}$  (щільність 1,19) і об'єм розчину доводять водою до 200 мл. Для приготування робочого розчину беруть 20 мл запасного розчину і доводять до 200 мл досліджувальною водою.

### 3.3.3 Загальні відомості

Вміст вугільної кислоти в природних водах залежить від температури води, її загальної мінералізації, парціального тиску і величини рН води.

Вільна вугільна кислота дорівнює сумі агресивної і рівноважної вугільної кислоти. При рН 4 вся вугільна кислота у воді знаходиться у вигляді діоксида вуглецю, при рН 8,4 в ній містяться в основному іони  $\text{HCO}_3$ , а при рН вище 10,5 – іони  $\text{CO}_3$ .

Вільну вугільну кислоту найчастіше визначають титруванням (об'ємний метод). Сутність методу основана на нейтралізації вугільної кислоти лугом з додаванням фенолфталеїну.

Титрування закінчують при рН 8,4, коли кількістю  $\text{CO}_2$  можна знехтувати і в воді знаходяться тільки гідрокарбонати. Забарвлення титрованого розчину змінюється поступово, тому для точного визначення кінця реакції отримане забарвлення порівнюють з інтенсивністю забарвлення стандартного розчину.

Титрування ведуть в колбі, яку закривають гумовою пробкою з отвором для бюретки. Щоб уникнути втрати  $\text{CO}_2$  пробу досліджуваної води для аналізу відбирають з усіма пересторогами.

### 3.3.4 Хід роботи

У конічну колбу ємністю 250 мл відміряють піпеткою з сифоном 100 мл дослідної води, додають 2–3 краплі фенолфталеїну, закривають колбу і вміст перемішують. Якщо вода забарвлюється в рожевий колір, значить вільна вугільна кислота в пробі відсутня. Якщо забарвлення не відбулося, через отвір в пробці опускають кінчик бюретки і титрують 0,02 н. розчином  $\text{NaOH}$  або  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  до появи рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 5 хвилин. Отримане рожеве забарвлення порівнюють з забарвленням «свідка».

Вміст вільної вугільної кислоти  $(\text{CO}_2)_{\text{ВВ}}$ , мг/дм<sup>3</sup> розраховують за формулою:

$$(\text{CO}_2)_{\text{ВВ}} = 4,4 V, \quad (3.3.1)$$

де  $V$  – об'єм 0,02 н. розчину  $\text{NaOH}$  або  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , який витрачено на титрування дослідної води.

За результатами отриманих розрахунків необхідно зробити висновок про вміст вугільної кислоти в воді, яку було запропоновано для проведення дослідів.

### ***Контрольні питання***

1. Форми сполук вугільної кислоти залежно від рН і температури.
2. Визначення агресивної вугільної кислоти методом розрахунку за номограмою.
3. Характеристика стабільності води по відношенню до матеріалів труб.
4. Методи стабілізаційної обробки природних вод на водоочисних станціях.

### ***Лабораторна робота № 4***

## **МАГНІТНА ОБРОБКА ПРИ ПОМ'ЯКШЕНІ ВОДИ**

**Мета роботи:** дослідження процесу видалення з води катіонів твердості методом магнітної обробки.

#### ***3.4.1 Апаратура, посуд і матеріали***

1. Мікроскоп;
2. Сушильна шафа (105 °С);
3. рН–метр зі скляним і хлор–срібним електродами;
4. Ваги аналітичні АДВ–200;
5. Плитка електрична (2 шт.);
6. Термометр ртутний з поділками 0,1–0,5 °С (2 шт.);
7. Мензурки на 250 і 500 мл (2 шт.);
8. Склянки хімічні ємністю 500 і 800 мл (4 шт.);
9. Скло предметне (2 шт.);
10. Пінцет;
11. Папір фільтрувальний (синя стрічка).

#### ***3.4.2 Реактиви***

Соляна кислота (1 : 1).

#### ***3.4.3 Загальні відомості***

Запобігання накипоутворення досягається або попередньою (докотловою) обробкою води з використанням безреагентних, реагентних і іонообмінних методів, або внутрікотлову обробку води шляхом добавки в котли деяких хімічних реагентів, наприклад фосфатів. Серед безреагентних способів поліпшення якості води застосовується магнітна обробка.

При нагріванні води, яка пройшла магнітну обробку, речовини, які утворюють накип, виділяються не на поверхні нагрівання або охолодження (поверхні яка передає тепло), а в об'ємі води у вигляді високодисперсних частинок, які є центрами

кристалізації. Накипоутворюючі солі в об'ємі води переходять на поверхню центрів кристалізації, і перетворюються в частинки шламу, який легко видаляється з проточною водою або продуванням.

Для обробки води магнітним полем застосовують апарати зі сталевими, ферито–барієвими та іншими магнітами, які відрізняються джерелом отримання магнітного поля (постійні магніти, електромагніти), характером магнітів (на постійному і змінному струмі) і рядом інших особливостей.

Основними типами апаратів є апарати, в яких магнітне поле створюють постійними магнітами, і апарати, в яких магнітне поле створюють електромагнітами постійного струму.

Апарати з постійними магнітами легше виготовити і не вимагають живлення від електромережі. В апаратах з електромагнітом на сердечник (крен) намотують котушки, які створюють магнітне поле. В процесі роботи зазори апаратів можуть забруднюватися механічними домішками, головним чином феромагнітними. Апарати з постійними магнітами необхідно періодично вимикати з роботи, розбирати і чистити. Для видалення оксидів заліза апарати з електромагнітами відключають від мережі.

У магнітних апаратах вода, яку оброблюють, повинна перебувати в русі і проходити перпендикулярно силовим лініям.

#### **3.4.4 Експериментальна установка і апарат для магнітної обробки води**

Експериментальна установка (рисунок 3.4.1) складається з бака для вихідної води, вентиля, апарату для магнітної обробки води, штатива для кріплення апарату і системи трубок з кранами для подачі і відведення води.

У лабораторних дослідженнях може бути використано апарат для магнітної обробки води (рисунок 3.4.2). В його склад входить вісім постійних магнітів (діаметр і довжина – 25 мм), які розташовані в полістирольній трубці, на кінцях якої знаходяться полістиролові центрувальні упори. Магнітна система вмонтована в сталеву трубу діаметром 45 мм з з'єднувальними на кінцях муфтами. Оброблювана вода подається в зазор між внутрішньою і зовнішньою трубками.

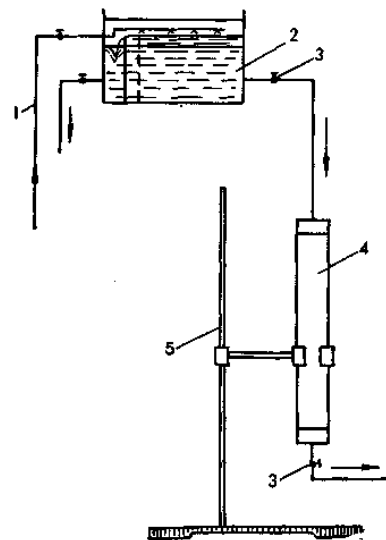


Рисунок 3.4.1 — Установка вивчення магнітної обробки води  
1 – подача досліджуваної води;  
2 – бак дослідної води;  
3 – регулювальний вентиль;  
4 – магнітний апарат;  
5 – штатив.

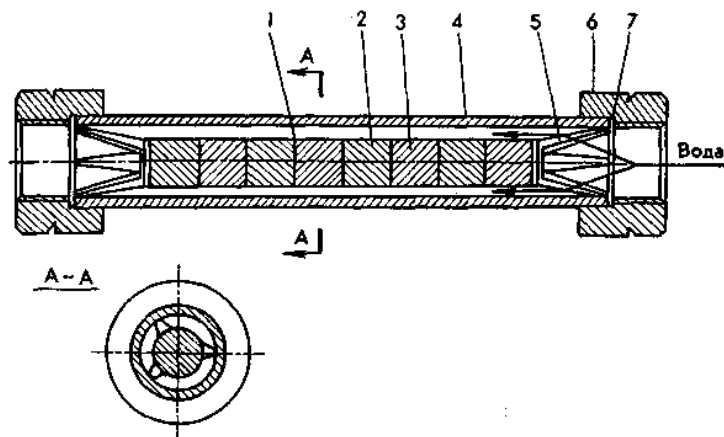


Рисунок 3.4.2 – Апарат для магнітної обробки

1 – проміжна шайба; 2 – постійний магніт; 3 – полістиролова трубка;  
4 – зовнішній кожух; 5 – центрувальні упори; 6 – з'єднувальна муфта; 7 – шайба.

Магнітний апарат монтують в установці вертикально і за допомогою перехідних муфт приєднують до баку. Швидкість руху води в зазорі не повинна перевищувати 1 м/с.

Ефективність магнітної обробки води визначають двома методами:

1) мікроскопічний – зміна розміру і форми кристалів твердої фази в обробленій і необробленій воді;

2) випаровування – зміна кількості відкладень у вигляді накипу або зважених речовин у вигляді шламу, які виділяються при кип'ятінні води.

*Мікроскопічний метод.* У дві склянки ємністю 500 мл поміщають предметні скельця для осадження кристалів, наливають по 200 мл досліджуваної обробленої і необробленої води та кип'ятять протягом 30 хвилин. У процесі кип'ятіння відзначають появу опалесценції (чим раніше виникає опалесценція, тим вище ефект обробки). Після кипіння предметні скельця витягують і сушать при температурі  $95^{\circ}\text{C}$  в сушильній шафі. Кристали, які виділилися в процесі кипіння, розглядають під мікроскопом при збільшенні в 600 разів. Про ефект дії магнітного поля судять по зміні розміру і форми кристалів в обробленій воді, які порівнюють з необробленою.

Зменшення середніх лінійних розмірів кристалів в 1,5–2 рази характеризує значне зниження накипоутворення, а в три і більше разів – практично безнакіпний стан.

*Метод випаровування.* У сухі склянки ємністю 800 мл, які зважені на аналітичних вагах, наливають 500 мл досліджуваної (обробленої і необробленої) води і випарюють до  $1/5$  початкового об'єму. Рівень води в склянках підтримують постійним, для чого капельною лійкою вводять нові порції досліджуваної води (рисунок 3.4.3).

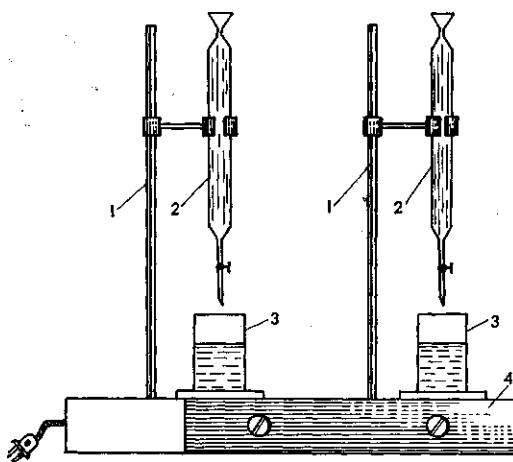


Рисунок 3.4.3 – Установка для вивчення ефективності магнітної обробки води  
1 – штативи; 2 – ділильні воронки; 3 – склянки; 4 – плітка електрична

Після випарювання воду фільтрують через паперовий фільтр. Осад з фільтрів змивають дистильованою водою в стакани і розчиняють розбавленою соляною кислотою (1:1). Отриманий об'єм доводять до 1000 мл і використовують для визначення частинок, кількість яких оцінюють по вмісту в розчині катіонів кальцію і магнію. Склянки висушують при температурі 105 °С протягом 2 годин в сушильній шафі, потім зважують на аналітичних вагах. За різницею в масі склянок до і після кипіння визначають кількість виділилася накипу.

Ефект магнітної обробки води  $E_M$  (%) визначають за формулою:

$$E_M = \frac{H - M}{H} \cdot 100, \quad (3.4.1)$$

де  $H$  – маса накипу в необробленій воді, мг;

$M$  – маса накипу з обробленої води, мг.

Ефект магнітної обробки води залежить від впливу фізико – хімічних, електричних, гідродинамічних і інших чинників, тому рекомендується провести дослідження залежності ефекту магнітної обробки води від температури (при 20, 40, 60, 80 і 100 °С), величини рН в межах 5–6–7–8–9 і 10, вмісту у воді сполук заліза (0–0,5–1–1,5–2–2,5 мг/дм<sup>3</sup> по  $Fe^{2+} + Fe^{3+}$ ), швидкості руху води в магнітному полі (0–0,2–0,4–0,6–0,8–1,0 м/с).

При проведенні досліджень визначають такі показники якості вихідної і обробленої води: температуру, забарвленість, активну реакцію середовища, сухий залишок, загальну твердість, лужність, вміст сполук заліза, катіонів кальцію і магнію.

Результати досліджень заносять в таблицю 3.4.1.

Таблиця 3.4.1 – Дослідні данні магнітної обробки води

	Показники якості води								
	Забарвленість, °ПКШ	t °C	pH	Солевміст, мг/дм <sup>3</sup>	Загальна твердість, мг-екв/л	Лужність, мг-екв/л	Сумарний вміст Fe, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст Ca, мг/дм <sup>3</sup>	Вміст Mg, мг/дм <sup>3</sup>
Оброблена вода									
Необроблена вода									

### **Контрольні питання**

1. Викладіть методику визначення загальної твердості воді при хімічному аналізі.
2. Викладіть методику визначення вмісту кальцію у воді при хімічному аналізі.
3. Викладіть методику визначення некарбонатної твердості.
4. Як змінюється склад води при Н– катіонуванні?
5. Які аналізи води виконують при її катіонуванні?
6. Як змінюється склад води при її магнітній обробці?
7. На які групи розділяють природні води за твердістю?

### **Лабораторна робота № 5**

#### **СТАБІЛЬНІСТЬ ВОДИ В ВІДНОШЕНІ ДО БЕТОНУ**

**Мета роботи:** ознайомитися з методами визначення стабільності води по відношенню до бетону.

#### **3.5.1 Апаратура, посуд і матеріали**

1. Колба конічна ємністю 500 мл з пробкою (4 шт.);
2. Мензурки на 250 і 500 мл (2 шт.);
3. Склянки хімічні ємністю 500 і 800 мл (4 шт.);
4. Лійка ємністю 500 мл (2 шт.);
5. Скло предметне (2 шт.);
6. Папір фільтрувальний (синя стрічка).

#### **3.5.2 Реактиви**

Карбонат кальцію.

#### **3.5.3 Загальні відомості**

Стабільність води по відношенню до бетону визначають насамперед кількістю розчиненої вугільної кислоти.

Вода стабільна, якщо кількість вільної вугільної кислоти відповідає кількості



рівноважної вугільної кислоти. Така вода не викликає побічних явищ коли протікає по трубопроводах або торкається стінки бетонних споруд. Якщо ж кількість вільної вугільної кислоти не дорівнює кількості рівноважної, то вода стає нестабільною. При зниженому вмісту  $\text{CO}_2$  вугільнокислотна рівновага зсувається вправо. Це призводить до випадання карбонату кальцію в осад. Таким чином, вода зі зниженим вмістом  $\text{CO}_2$  схильна до відкладення осадів карбонату кальцію, які зменшують просвіти в трубопроводах і знижують їх пропускну здатність. Тривалий перебіг по трубопроводах води, яка насичена карбонатом кальцію, може привести до повного заростання труб.

Кількість агресивної вугільної кислоти визначають вмістом вільної та зв'язаної вугільної кислоти (концентрацією гідрокарбонатів) з меншою кількістю рівноважної вугільної кислоти (рисунок 3.5.1). У воді, склад якої характеризується точкою А (зв'язана вугільна кислота –  $50 \text{ мг/дм}^3$ ), міститься  $3 \text{ мг/дм}^3$  рівноважної вугільної кислоти. Отже, майже вся вільна вугільна кислота буде агресивною.

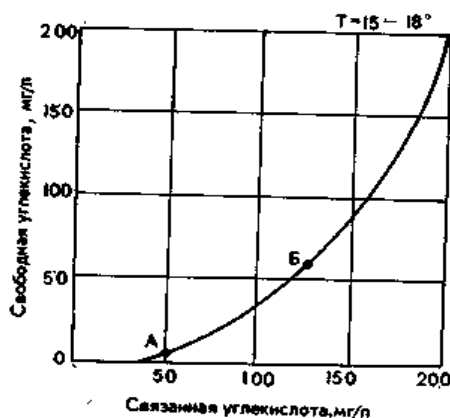


Рисунок 3.5.1 - Залежність між кількістю зв'язаної вугільної кислоти і рівноважної вільної вугільної кислоти

Наявність у воді агресивної вугільної кислоти є основною причиною агресивності води до бетону. Агресивна вугільна кислота, яка реагує з карбонатами кальцію і гідроксидом кальцію бетону, перетворює їх в розчинні гідрокарбонати, які сприяють швидкому руйнуванню бетонних споруд.

Для точного визначення стабільності води по відношенню до бетону користуються методом карбонатних випробувань, за якими нестабільність (відповідно агресивність) води характеризують зміною кількості зв'язаної вугільної кислоти після контакту досліджуваної води з карбонатом кальцію. Якщо вода стабільна, то в ній не буде розчинятися карбонат кальцію, якщо вона агресивна, то прореагує з карбонатом кальцію і деяка її кількість зв'яжеться в гідрокарбонатом кальцію:

Отже, кількість зв'язаної вугільної кислоти після контакту агресивної води з

карбонатом кальцію збільшується. Якщо кількість зв'язаної вугільної кислоти при цьому зменшилася, значить вода була перенасичені карбонатом кальцію, який випав під час струшування в осад.

#### 3.5.4 Хід роботи

В чотири колби ємністю 0,5 л наливають по 400 мл досліджуваної води (в дві – вихідну, в дві – коагульовану). Потім в кожну з них всипають по 15 г порошкоподібного карбонату кальцію, закривають щільно гумовими пробками і вставляють в апарат для перемішування. Дві колби (з вихідної і коагульованої водою) струшують протягом години, а дві інші – протягом 2 годин, щоб переконатися в повноті досягнення рівноваги.

Після закінчення струшування пробку в колбі швидко замінюють на іншу, в яку вставлена трубка з натронним вапном і сифона трубка, яка під'єднана для фільтрування (рисунок 3.5.2). Сифон заряджають, приєднуючи нижній кінець лійки до водострумного насосу. Після зарядки сифона лійку вставляють в конічну колбу, яка розташована приблизно на 75 см нижче основи колби. Цей пристрій дозволяє фільтрувати воду без доступу вугільної кислоти.

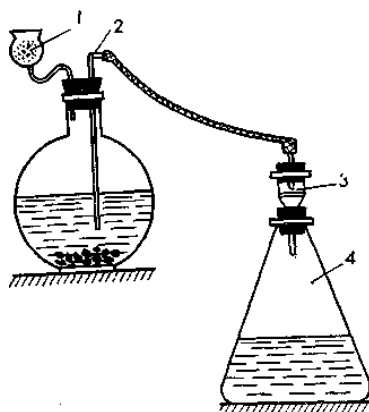


Рисунок 3.5.2 – Пристрій для фільтрування води без доступу вугільної кислоти з повітря при визначенні показника стабільності

1 – трубка з натронним вапном; 2 – сифона трубка; 3 – лійка; 4 – колба.

У фільтрах після одно– і двогодинного струшування знаходять кількість зв'язаної вугільної кислоти. Якщо різниця між другим і першим визначенням не перевищує  $1,2 \text{ мг/дм}^3$ , то за розрахункове приймають друге. В іншому випадку повторюють дослід шляхом більш тривалого струшування води з карбонатом кальцію для отримання різниці  $1,2 \text{ мг/дм}^3$ .

Результат визначення стабільності висловлюють у формі дробу, чисельником якої є кількість зв'язаної вугільної кислоти у вихідній воді, а знаменником – кількість зв'язаної вугільної кислоти після граничного насичення води карбонатом кальцію:

$$C = \frac{(CO_2)_{зв'яз.вх.}}{(CO_2)_{зв'яз.кін.}}, \quad (3.5.1)$$

де  $C$  – показник стабільності.

При  $C = 1$  кількість зв'язаної вугільної кислоти залишилась однаковою при струшуванні з карбонатом кальцію. Склад такої води не зміниться і при зіткненні з бетоном або вапняними породами, отже вода при  $C = 1$  стабільна. При  $C > 1$  вода схильна до відкладень; при  $C < 1$  агресивна. Якщо  $C < 1$ , то знаменник більше чисельника, тобто кількість зв'язаної вугільної кислоти після контакту з карбонатом кальцію збільшилася за рахунок розчинення карбонату кальцію агресивною вугільною кислотою.

Результати проведених дослідів записують у таблицю 3.5.1.

Таблиця 3.5.1 - Результати проведених дослідів

Проба води	pH	$C_T$	Л	$C_T$

#### **Контрольні питання:**

1. Форми сполук вугільної кислоти залежно від pH і температури.
2. Визначення агресивної вугільної кислоти методом розрахунку за номограмою.
3. Характеристика стабільності води по відношенню до матеріалів труб.
4. Методи стабілізаційної обробки природних вод на водоочисних станціях.

### **Лабораторна робота № 6**

## **ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОСАДЖУВАНOSTІ ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У ВІДСТІЙНИКАХ РІЗНОЇ КОНСТРУКЦІЇ**

**Мета роботи:** порівняння ефективності осідання суспензії в горизонтальних і тонкошарових відстійниках.

#### **3.6.1 Апаратура і посуд**

1. Мішалка електрична;
2. Колба конічна ємністю 250 мл;
3. Колба мірна ємністю 250 мл (2 шт.);
4. Бюретка на 50 мл (2 шт.);
5. Циліндр на 250 мл (3 шт.);

6. Піпетка на 5 мл (2 шт.).

### 3.6.2 Реактиви:

Сульфат алюмінію.

### 3.6.3 Хід роботи

Визначити каламутність досліджуваної води і дозу коагулянту для її обробки. В один літр досліджуваної води ввести розчин коагулянту, за допомогою магнітної мішалки перемішати до початку утворення пластівців.

Влити отриману суспензію в три лабораторних циліндра:

- перший розташовано вертикально (лабораторна модель звичайного горизонтального відстійника);
- другий закріплено в штативі під кутом  $45^0$  (лабораторна модель тонкошарового відстійника);
- третій закріплено в штативі під кутом  $60^0$  (лабораторна модель тонкошарового відстійника).

Для порівняння ефективності осідання необхідно виміряти глибину першого лабораторного горизонтального відстійника  $h_1$ , як товщину шару води, а також другого і третього тонкошарового відстійника  $h_2 = d \cdot \cos \alpha$ .

Через кожні 5 хвилин після початку досліду необхідно проводити вимірювання рівня осаду в циліндрах (в нахилених – по осьовій лінії).

Через 30 хвилин виміряти каламутність освітленої води у всіх циліндрах.

Результати дослідів занести в таблицю 3.6.1, за результатами побудувати криві зміни обсягу осаду в часі.

Таблиця 3.6.1 – Результати дослідів

Час, хв.		5	10	15	20	25	30
Об'єм осаду, мм	Вертикальний циліндр						
	Циліндр закріплено під кутом $45^0$						
	Циліндр закріплено під кутом $60^0$						

Розрахувати ефект освітлення, мінімальну гідравлічну крупність пластівців і розрахунковий час відстоювання для відстійників. Результати занести в таблицю 3.6.2. За результатами розрахунків зробити висновок про ефективність конструкції відстійника.

Таблиця 3.6.2 – Показники якості води після відстоювання

Показники	Од. вим.	Позначення	Визначення показника	Результати		
				верт.	45°	60°
Каламутність вихідної води	г/м <sup>3</sup>	M <sub>вих</sub>	ФЕК			
Каламутність води після відстоювання	г/м <sup>3</sup>	M <sub>осв</sub>	ФЕК			
Ефект освітлення	%	Э	$P = \frac{M_{\text{вих}} - M_{\text{осв}}}{M_{\text{вих}}} \cdot 100$			
Час відстоювання	хв	τ <sub>л</sub>	секундомір			
Глибина лабораторного відстійника	см	h <sub>1</sub>	лінійка			
	см	h <sub>2</sub> = d · cosα	лінійка			
Мінімальна гідравлічна крупність пластівців	мм/с	U <sub>p</sub>	$U_p = \frac{h_{\text{лаб}}}{t_{\text{лаб}}}$			
Розрахунковий час відстоювання	хв	τ <sub>роз</sub>				

### Контрольні питання

1. Вільне осадження частинок в ламінарному режимі.
2. Вплив фізико – хімічних факторів на осадження частинок у воді.
3. Графіки показників осаджуваності суспензії для різних вод.
4. Методи побудови кривих осадження.
5. Технологічне моделювання процесу осадження у відстійнику.
6. Методика розрахунку і проектування відстійників.

### Лабораторна робота № 7

## ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОГО ХЛОРУ В ГІПОХЛОРИТІ НАТРІЮ

**Мета роботи:** ознайомитися з методом визначення активного хлору в гіпохлориті натрію.

### 3.7.1 Апаратура і посуд

1. Мішалка електрична;
2. Колба конічна ємністю 250 мл;
3. Колба мірна ємністю 250 мл (2 шт.);
4. Бюретка на 50 мл (2 шт.);
5. Циліндр на 50 мл (2 шт.);
6. Піпетка на 10 мл (2 шт.);

7. Крапельниця (2 шт.).

### 3.7.2 Реактиви

1. Тіосульфат натрію  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 0,1 н. розчин;
2. Сірчана кислота, 0,1 н. розчин;
3. Йодид калію, 10 %-ний розчин;
4. Крохмаль розчинний, 1 %-ний розчин;
5. Вода дистильована.

### 3.7.3 Загальні відомості

Гіпохлорит натрію застосовується для знезараження води.

В процесі транспортування і зберігання гіпохлорит натрію, як і інші реагенти, піддається впливу світла, вологи, вугільної кислоти, повітря та інших факторів. Крім того, реагент, який застосовують, може бути приготований з сировини найрізноманітнішого складу, внаслідок чого вміст активної речовини в ньому не постійний. Тому перед приготуванням розчинів реагенту або використанням його в сухому вигляді кожна партія реагенту повинна бути ретельно проаналізована.

Гіпохлорит натрію  $\text{NaOCl}$ , який постачають на водоочисні станції, це сироподібний розчин, який містить  $185 \text{ г/дм}^3$  активного хлору і  $10\text{--}20 \text{ г/дм}^3$  лугу в перерахунку на  $\text{NaOH}$ . На водоочисних станціях невеликої продуктивності його отримують шляхом електролізу розчинів кухонної солі.

### 3.7.4 Хід роботи

У мірну колбу відміряють піпеткою 10 мл тіосульфату натрію, доводять об'єм розчину до мітки дистильованою водою і ретельно перемішують. Потім відміряють піпеткою 10 мл отриманого розчину, переносять в конічну колбу і вводять 10 мл 10 %-ного розчину йодиду калію та 40 мл 0,1 н. розчину сірчаної кислоти. Інтенсивно перемішують та титрують 0,1 н. розчином тіосульфату натрію до появи солом'яно-жовтого кольору. Після цього додають 1–2 мл 1 %-ного розчину крохмалю і титрують до знебарвлення розчину.

Вміст активного хлору (%) обчислюють за формулою:

$$X_{\text{Cl}} = \frac{V_1 \cdot 0,003546 \cdot 100 \cdot 250}{10 \cdot 10} \quad (3.7.1)$$

де  $V$  – об'єм 0,1 н. розчину тіосульфату натрію, який було витрачено на титрування, мл;

0,003546 – кількість активного хлору, яка відповідає 1 мл 0,1 н. розчину тіосульфату натрію.

### ***Контрольні питання:***

1. Методи знезараження природних вод.
2. Дати визначення поняттям «хлорпоглинальність» і «активний хлор».
3. Вплив температури на розчинність хлору у воді.
4. Методи визначення залишкового хлору у воді.
5. Фактори, які впливають на ефективність хлорування.
6. Переваги та недоліки електролітичного методу отримання хлору.
7. Які процеси протікають на катоді а які на аноді при електролітичному методі отримання хлору.
8. Від яких факторів залежить витрата електроенергії.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово– комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
3. Алемасова А. С. Экологическая аналитическая химия : учебное пособие / А. С. Алемасова, К. С. Луговой. – Донецк : ДонНУ, 2010. – 271 с.
4. Зарубина Р.Ф. Анализ и улучшение качества природных вод; в 2-х частях : учебное пособие / Р. Ф. Зарубина, Ю. Г. Копылова. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2007. Часть 1. Анализ и оценка качества природных вод. – 168 с.
5. Шуваева О. В. Современное состояние и проблемы элементного анализа вод различной природы = Modern State and Problems of Natural Waters Elemental Analysis: Аналит. обзор / СО РАН, ГПНТБ, ИНХ. – Новосибирск, 1996. – 48 с.
6. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.
7. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
8. ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости.
9. ГОСТ 26449.1-85. Установки дистилляционные опреснительные стационарные. Методы химического анализа соленых вод.
10. ДСТУ 4077-2001. Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD).
11. ДСТУ EN 1420-1:2004. Якість води. Визначання впливу органічних речовин на якість води, призначеної для споживання людиною. Оцінювання води в трубопровідних системах на запах. - Частина 1. Метод випробування (EN 1420-1:1999, IDT).
12. ДСТУ ISO 7027-2003. Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT).
13. ДСТУ ISO 7887-2003. Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT).



## Послідовність оформлення лабораторного журналу

*Дата:*

**Лабораторна робота №...**

*Назва роботи*

*Мета роботи:*

*Обладнання, прилади, реактиви:*

*Хід роботи (методика визначення):*

*Схема лабораторної установки:*

*Таблиця вихідних даних і результатів:*

*Формули та розрахунки:*

*Висновки:*

*Навчальне видання*

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з навчальної дисципліни

**«САНІТАРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЧИСНИХ СПОРУД»**

(для студентів 5 курсу денної і заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми «Раціональне використання і охорона водних ресурсів»)

Укладачі: **БЄЛЯЄВА** Валентина Михайлівна  
**БЛАГОДАРНА** Галина Іванівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *В. М. Беляєва*

План 2016, поз. 120 М

---

Підп. до друку 20.06.2017 р.  
Друк на різнографі  
Зам. №

Формат 60<sup>x</sup>84/16  
Ум. друк. арк. 1,5  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017 р.